

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

PAT-NO: JP405263418A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05263418 A
TITLE: CONSTRUCTION METHOD OF CONTROLLING GROUP LIQUEFACTION
PUBN-DATE: October 12, 1993

INVENTOR-INFORMATION:

NAME
WATANABE, NORIO
MORI, TOSHIHIRO
HAMADA, NAOHITO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KUMAGAI GUMI CO LTD	N/A

APPL-NO: JP04093500
APPL-DATE: March 19, 1992
INT-CL (IPC): E02D003/12

ABSTRACT:

PURPOSE: To attenuate response acceleration to ground surface by attenuating input acceleration due to an earthquake by utilizing liquefaction phenomenon.

CONSTITUTION: When earthquake acceleration of specified intensity is inputted to a liqueffable layer E, the E layer liquefies immediately and fine particles of silica fume getting among sand particles act on the sand particles like a bearing so that liquafaction of the liquefiable layer E is enhanced. Due to liquefaction of the liquefiable layer E, earthquake response acceleration in a layer above is largely attenuated, so that danger of a liquefaction layer L<SB>2</SB> being liquefied is eliminated. And further, response acceleration of a ground surface S is largely reduced in turn.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-263418

(43)公開日 平成5年(1993)10月12日

(51)Int.Cl.⁵

E 0 2 D 3/12

識別記号

庁内整理番号

9013-2D

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-93500

(22)出願日 平成4年(1992)3月19日

(71)出願人 000001317

株式会社熊谷組

福井県福井市中央2丁目6番8号

(72)発明者 渡辺 則雄

茨城県つくば市大字鬼ヶ窪字下山1043番1

株式会社熊谷組技術研究所内

(72)発明者 森 利弘

茨城県つくば市大字鬼ヶ窪字下山1043番1

株式会社熊谷組技術研究所内

(72)発明者 濱田 尚人

茨城県つくば市大字鬼ヶ窪字下山1043番1

株式会社熊谷組技術研究所内

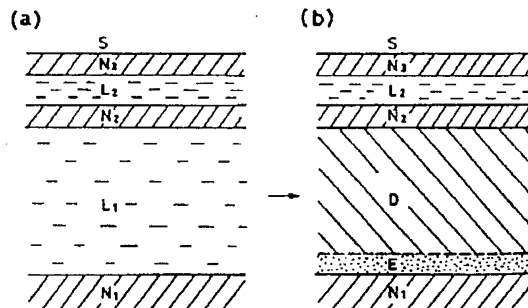
(74)代理人 弁理士 石田 政久

(54)【発明の名称】 地盤の液状化制御工法

(57)【要約】

【目的】 液状化現象を利用して地震による入力加速度を減衰させることにより、地表面への応答加速度を減衰させる。

【構成】 所定強度の地震加速度が易液状化層Eに入力されると、同層Eでは直ちに液状化が発生し、砂粒子間に入り込んだシリカフェームの微粒子が砂粒子に対してベアリングのように作用して易液状化層Eの液状化を促進する。易液状化層Eの液状化により、それより上層部の地震応答加速度は著しく減衰するから、液状化層L₂は液状化の危険性がなくなる。また、地表面Sの応答加速度も著しく減衰する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定強度の地震加速度を受けて液状化する砂層を当該地震加速度の入力側に形成することを特徴とする地盤の液状化制御工法。

【請求項2】 前記砂層中に砂粒子の粒径より小径の微粒子を配合することを特徴とする請求項1記載の地盤の液状化制御工法。

【請求項3】 地盤の下層を所定強度の地震加速度を受けて液状化する砂層とし、その上層を難液状化層に変成することを特徴とする地盤の液状化制御工法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、地震による地盤の液状化を防止するための全く新しい工法に関するものである。

【0002】

【従来技術およびその問題点】地下水位の高い軟弱な砂地盤は、地震や衝撃により強い振動を受けると地盤全体が液状化現象を起こして、地盤が沈下したり、基礎地盤が支持力を喪失する。その結果、基礎地盤上の構造物を傾斜、崩壊したり、地中構造物を浮上、破壊して、種々の構造物に多大な損害を与える。

【0003】液状化を防止するためには、サンドコンパクションパイル工法、バイプロフローテーション工法、ロッドコンパクション工法などの地盤を締め固める方法や、サンドドレーン工法、ウェルポイント工法などの地中の水が排水され易くしておく方法が知られている。これらの工法はいずれも液状化の危険性のある地盤に対して、その液状化強度を向上させること、即ち、液状化に対する抵抗を大きくするものである。

【0004】しかしながら、上記工法は強大な地震力に対抗して自然地盤を改良するものであるから、施工に際し大型の装置を必要としたり、また、市街地域では振動公害の虞があり既成地盤への適用に制限があったりと、液状化防止対策として必ずしも満足できる工法とはいえず、簡易でしかも液状化防止効果の大きい工法が切望されていた。

【0005】

【発明の目的】本発明者等は、前記問題点に関して鋭意研究を重ねた結果、液状化の特性として、液状化した砂層より上層の地盤はその地震応答加速度が著しく減衰するという知見に基づき、本願発明を完成するに至ったものである。然して、この発明の目的は、液状化の危険性のある地盤の液状化強度を直接向上させるのではなく、液状化現象を利用して地震による入力加速度を減衰させることにより、地表面への応答加速度を減衰させることにある。

【0006】

【発明の構成】この発明に係る地盤の液状化制御工法は、所定強度の地震加速度を受けて液状化する砂層を当

該地震加速度の入力側に形成することを特徴とする。前記砂層の液状化を促進するために、同砂層中に極めて小径の球状微粒子、例えば、シリカフュームを配合する。また、本発明に係る地盤の液状化制御工法は、地盤の下層を所定強度の地震加速度を受けて液状化する砂層とし、その上層を難液状化層に変成することを特徴とするものである。

【0007】

【発明の具体的な説明】この発明は基本的には、液状化の危険性のある地盤の下層部、即ち、地震動の入力側に、予め設定しておいた強度の地震加速度を受けて確実に液状化する砂層を形成しておくものである。このような砂層を形成するには、砂粒子の粒径より小径で球状の微粒子を砂層中に混入するのがよい。混入量は、砂層を構成する土砂の相対密度、砂の粒径、有効拘束圧等に応じて、調整することが必要であるが、例えば、砂の乾燥重量に対して0.1重量%乃至数重量%の混合割合で配合する。

【0008】混合する微粒子としては、種々の有機または無機化合物およびこれらの混合物からなる微粒子を利用することができる。本発明者等の実験では、特に、シリカフュームが好ましい。シリカフュームは SiO_2 を主成分とし、平均粒径が0.1~0.3 μm 程度の球形超微粒子である。なお、セメント粒子等のように砂粒子を固結する作用を有するものは、混入する微粒子として適当ではない。

【0009】シリカフュームを砂層中に配合する際、既成地盤に対しては懸濁液として注入する方法が最も適当である。注入に際しては、注入管の構成および設置方法、注入方式等に格別の制限はない。また、新規造成地盤に対しても、事前混合によりシリカフューム混入地盤を造成することにより大規模地盤の制震効果を得ることができる。

【0010】図1は液状化の危険性を有する地盤の断面図を示したものであり、同図(a)は自然状態であり、同図(b)は本発明工法により変成したものである。図1(a)において、地盤は下から非液状化層 N_1 、液状化の危険性のある層(以下、単に液状化層という。) L_1 、非液状化層 N_2 、液状化層 L_2 、非液状化層 N_3 および地表面 S により構成されている。この自然地盤に対して本発明工法を適用し、液状化層 L_1 を易液状化層 E に変成する。

【0011】液状化層 L_1 が比較的薄い場合には、同層 L_1 全体を前記易液状化層 E に変成すれば良いが、液状化層 L_1 の層厚が数mを越えて厚い場合には工夫が必要となる。このようなときには図1(b)に示すように、液状化層 L_1 の下層部1~2mを易液状化層 E とし、その上に後述する難液状化層 D を形成するのがよい。

【0012】液状化層 L_1 中の砂粒子の粒径は通常一般に揃っており、この砂粒子間にシリカフューム等の微粒

子が入り込んでいる。然して、地震動により地盤の方向から所定の地震加速度が易液化化層Eに入力されると、同層Eでは直ちに液化化が発生し、砂粒子間に入り込んだシリカフュームの微粒子が砂粒子に対してベアリングのように作用して易液化化層Eの液化化を促進する。

【0013】易液化化層Eの液化化により、それより上層部の地震応答加速度は著しく減衰するから、液化化層L₂は液化化の危険性がなくなる。また、地表面Sの応答加速度も著しく減衰する。即ち、易液化化層Eは地震加速度を減少させる一種のフィルタとして働き、液化化の可能性のある地盤を、予め設定した加速度のもとで、丁度液化化させることにより、それより上層の液化化層の応答加速度を減衰させ、地盤の制震効果を得ることができる。

【0014】液化化層の液化化強度を向上させて難液化化層に変換する方法は、前記従来技術の欄において述べたように種々の方法が知られている。本発明者等の採用した方法は、地盤を構成する土砂の乾燥重量に対して1.0～3.0重量%のセメントを配合するものであり、上記した液化化制御工法と同じように砂層中に無機材料を混合するものであるから、同工法との組合せが容易である。

【0015】同方法において配合するセメントとしては、ポルトランドセメント、高炉セメントなどを用いることができ、格別の制限はない。セメントの配合割合は地盤を構成する土砂の乾燥重量に対して1.0～3.0重量%の範囲が適当である。1.0重量%未満では、所期の配合効果が現れず、また、3.0重量%を越えて配合することは液化化対策として不必要であるばかりでなく、経済的でないからである。

【0016】地盤にセメントを配合するには、懸濁液として注入する方法が最も適当である。この場合、例えば、水セメント比が500～1000%程度のセメント懸濁液を注入して、注入後の砂地盤内の水セメント比がほぼ1500～6000%となるように調整する。従って、このセメント懸濁液の濃度は砂層を固結する程の高い濃度ではない。注入に際しては、注入管の構成および設置方法、注入方式等に格別の制限はない。本発明の工法は土砂に対するセメントの配合量が少ないから、新規の造成地盤に対して事前に配合するだけでなく、既成地盤に対しても適用可能である。

【0017】地盤に注入されたセメントは、水和反応により砂粒子同士の付着力を増大させる。この結果、砂層内に堆積している砂粒子の構造が地震加速度の入力に対して抵抗力を持つようになり、粒子構造が破壊されにくくなり、地盤は難液化化層を形成するようになる。

【0018】以上、地震加速度を垂直方向に受ける場合を説明してきたが、図2に示す地盤の断面図のように、易液化化層Eをすり鉢状に形成することにより、地盤の側方流動を防止することができる。更に、広範な造成地

盤に対しては、図3に示すように、すり鉢状の易液化化層Eを平面的に並設することにより、地盤の側方流動圧を大きくさせないようにすることができる。

【0019】なお、図2および図3において、易液化化層Eの上部には難透水層Pを形成して、易液化化層Eが液化化したときに地盤上層へ間隙水が侵入することを阻止し、地盤上層が液化化するのを防止するのがよい。

【0020】更に、本発明工法を大深度地下構造物に適用するには、地下構造物の全周囲に易液化化層を形成して、いずれの方向からの地震加速度をも減少させて当該構造物への応答加速度を減衰させることができる。

【0021】

【実施例】

(繰り返し三軸試験) 地盤の液化化強度を測定するため、最も一般的に用いられている繰り返し三軸試験を行った。繰り返し三軸試験とは、原地盤における砂の拘束条件を再現するために供試体の回りから一定の拘束圧力 σ' をかけておき、実地盤における地震波入力に対応させて、これに繰り返し応力 σ_d を加えることにより供試体の歪みの進行や間隙水圧の上昇等を計測し、地盤が液化化し易いか否かを判断するものである。

【0022】この試験において、供試体の歪みが所定値(本実験では5%)を越えたときの応力比(45度面上の動剪断応力 $\sigma_d/2$ と有効拘束圧 σ' との比)の値が大きいほど、原地盤は液化化しにくいといえる。また、供試体の歪みが前記所定値を越えるまでに要した繰り返し回数Nが多いほど、原地盤は液化化しにくい傾向を表す。

【0023】(実験方法と実験条件) 相対密度50%の砂(豊浦標準砂)からなる供試体(A)、この砂の乾燥重量に対し粉体状のシリカフュームを1重量%配合した供試体(B)、団粒状のシリカフュームを0.5%および1%配合した供試体(C)および(D)を準備する。シリカフュームの平均粒径は、粉体状のものも、団粒状のものも、共に0.15 μm であった。この供試体を圧力室内にセットし、供試体の回りから一定の有効拘束圧力 σ' をかけておく。次に、供試体の両軸方向から繰り返し圧縮力と引張力(繰り返し応力 σ_d)を加えて、当該供試体の歪みが5%になるまで繰り返す。

【0024】(実験結果と評価) 図4は繰り返し三軸試験の結果を示したもので、液化化曲線とも呼ばれる。同図において、縦軸に応力比をとり、横軸には5%歪みが発生するまでに加えた外力の繰り返し回数Nをとっている。供試体(A)～(D)の応力比はいずれも1.0～1.4の範囲内にあり、シリカフュームの配合割合による供試体の液化化強度(応力比)の相違は認められなかった。

【0025】そこで、上記繰り返し三軸試験において、液化化に至るプロセスを検討することにする。図5はシリカフューム無配合の供試体(A)、図6は粉体状のシ

リカフュームを1%配合した供試体(B)についての液化要素試験を示すグラフであり、それぞれ横軸に時間(秒)をとり、縦軸には軸差応力(kgf/cm²)、軸歪み(%)、間隙水圧(kgf/cm²)および平均有効主応力(kgf/cm²)をとっている。

【0026】この実験に用いた試験機は、供試体に15%の歪みが発生すると自動的にリミッタがかかるようになっていのであるが、軸歪みのグラフから分かるように、リミッタがかかるまでに、供試体(A)は数波の外力を要するのに対して、供試体(B)は1波目でリミッタがかかっている。これは、シリカフュームが配合された砂は、歪みが一旦生じると、前記ベアリングに類似した働きによって砂同士を噛み合わせている摩擦抵抗が急激に減少し、歪みの増加率が急激に大きくなったものと考えられる。摩擦抵抗の減少は応力伝播を低下させることを意味し、シリカフューム混入地盤が地表面への地震動を絶つ性質があり、制震効果を期待することができる。

【0027】続いて、液化化層を難液化化層に変成した実験について説明する。

(実験方法と実験条件) 相対密度50%の砂(豊浦標準砂)の乾燥重量に対し、セメント無配合の供試体と、セメントの混合割合をそれぞれ1%、2%とした供試体を準備する。この供試体を圧力室内にセットし、供試体の回りから一定の有効拘束圧力 σ_v' をかけておく。次に、供試体の両軸方向から繰り返し圧縮力と引張力(繰り返し応力 σ_d)を加えて、当該供試体の歪みが5%になるまで繰り返す。

【0028】(実験結果と評価) 図7は繰り返し三軸試験の結果を示したもので、液化化曲線とも呼ばれる。同図において、縦軸に応力比をとり、横軸には5%歪みが発生するまでに加えた外力の繰り返し回数Nをとっている。

【0029】図7において、セメント無配合の供試体の強度は応力比で0.10~0.16であるが、1%配合セメント(水セメント比で約3000%)では、0.19~0.27と約2倍の強度がでていいる。なお、応力比の値で0.1は、実地盤では約100galに相当する。また、2%配合セメント(水セメント比で約1500%)では、0.27~0.32とセメント無配合の供試体の強度の2.5倍以上の強度が出現し、配合割合が高い供試体ほど液化化強度が向上する傾向が窺える。なお、同図に示した破線はセメント配合率4.6重量%の

結果であり、既往のデータの中から比較のために示したものである。

【0030】ところで、繰り返し三軸試験で求められる液化化強度は、砂の種類とその締まり具合、施工地盤の深さ、想定している地震力等いろいろの因子によって影響を受けるので、地盤の液化化対策として十分な強度を一律に決定することは困難である。しかしながら、現在の構造物の設計基準からすると、繰り返し三軸試験の液化化強度(応力比)が0.3程度あれば、地盤の液化化対策として有効であると考えられる。従って、セメントの配合量は、4.6重量%では実際の液化化対策として過大であり、1~3重量%で十分であることが分かる。

【0031】

【発明の効果】本発明は、液化化の危険性を有する地盤の液化化強度を高めるのではなく、液化化現象を利用して地震による入力加速度を減衰させるものであるから、液化化防止効果が極めて大きい。従って、海浜地区の埋立や大規模な造成地盤の液化化対策として利用価値が高い。

【0032】また、注入工法により懸濁液を地盤内に混入させれば振動公害を発生することがないから、既存地盤に適用可能である。さらに、大規模な装置等を必要とすることがなく、工法としても経済的である。さらにまた、液化化層を難液化化層に変換する方法と組み合わせた液化化制御工法は、施工が容易であるという利点を有している。

【図面の簡単な説明】

【図1】液化化の危険性を有する地盤の断面図を示したものであり、同図(a)は自然状態であり、同図(b)は本発明工法により変成したものである。

【図2】すり鉢状の易液化化層を形成した地盤の断面図である。

【図3】すり鉢状の易液化化層を平面的に並設した地盤の断面図である。

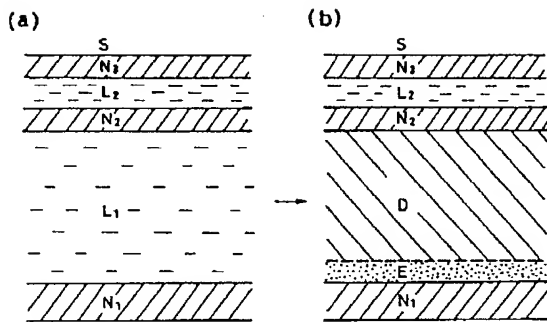
【図4】シリカフュームを配合した供試体について、繰り返し三軸試験の結果を示す液化化曲線である。

【図5】シリカフューム無配合の供試体(A)についての液化化要素試験を示すグラフである。

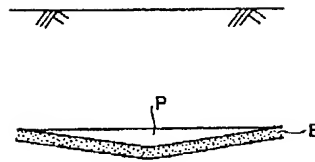
【図6】粉体状のシリカフュームを1%配合した供試体(B)についての液化化要素試験を示すグラフである。

【図7】セメントを配合した供試体について、繰り返し三軸試験の結果を示す液化化曲線である。

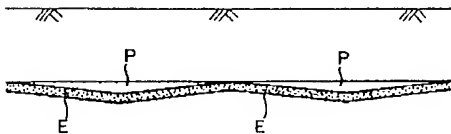
【図1】



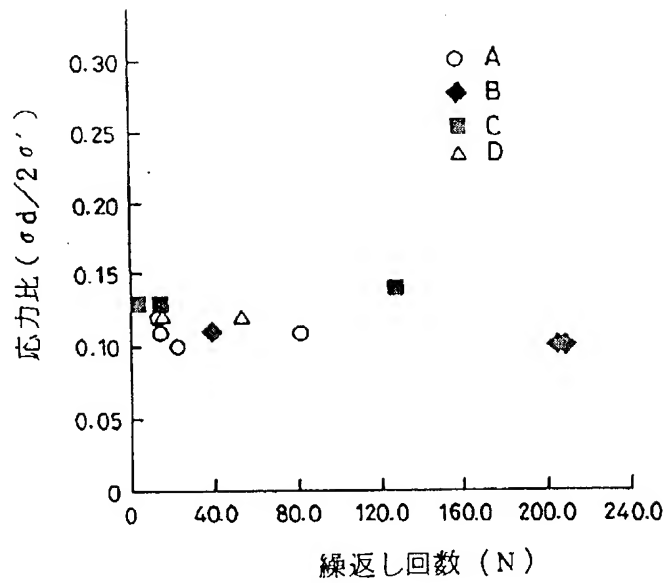
【図2】



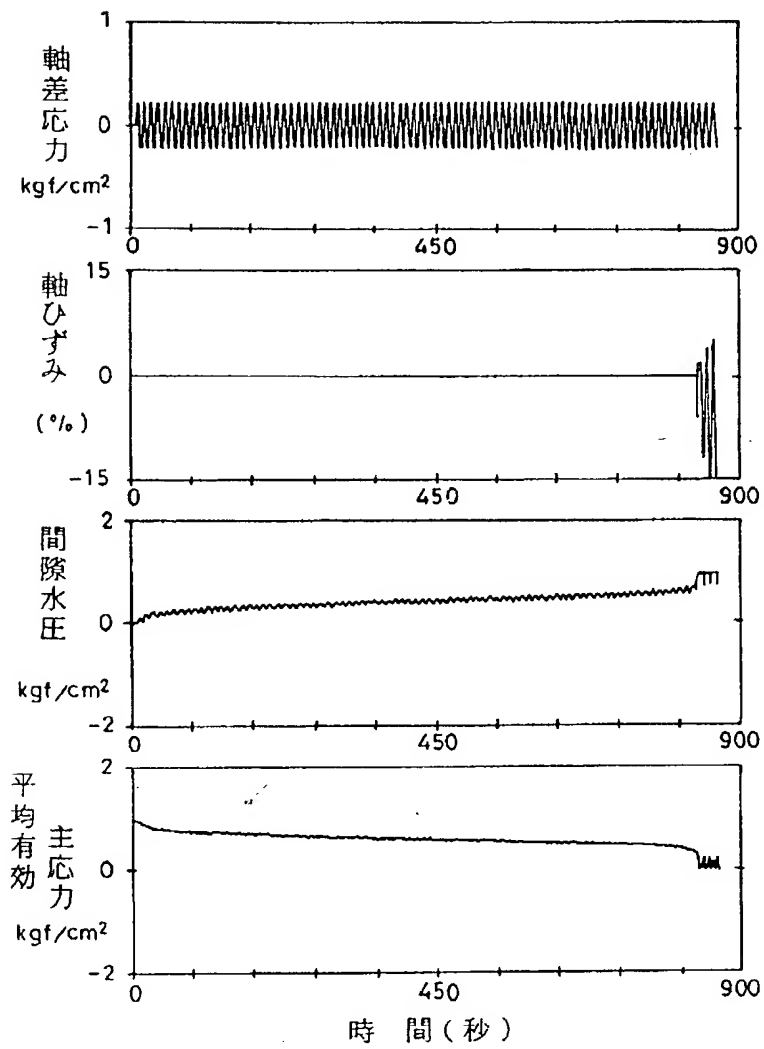
【図3】



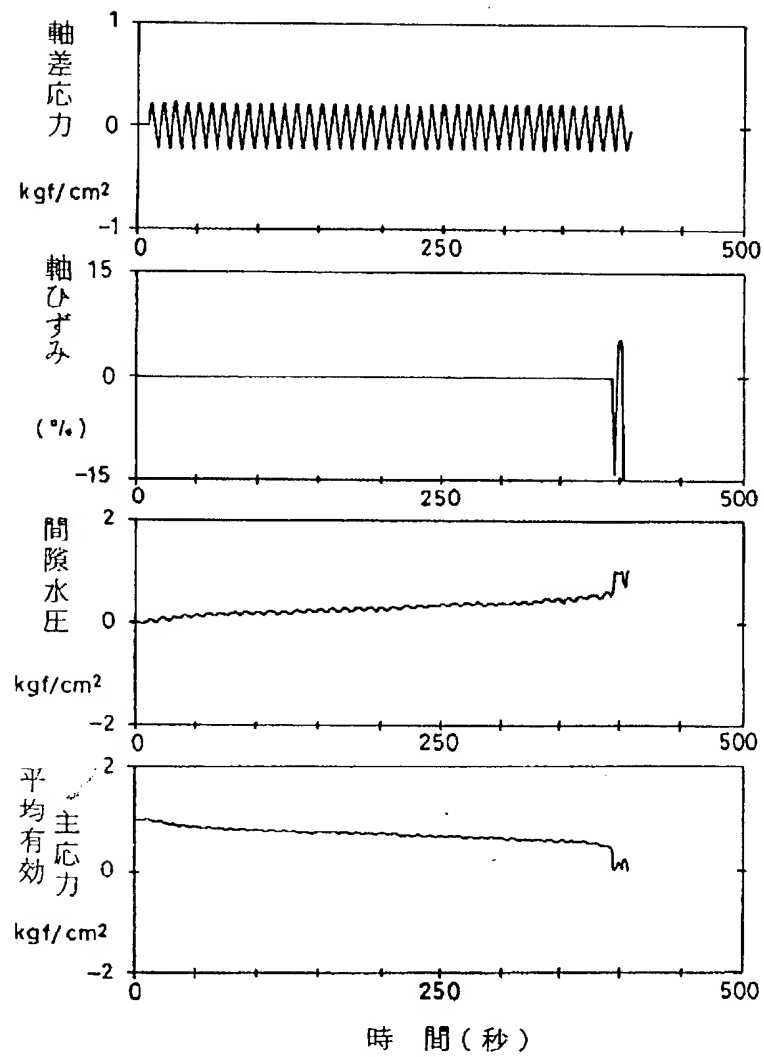
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

